

① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

J409-DE
⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧ EP 0 509 855 B1

⑩ DE 692 04 722 T 2

⑤ Int. Cl.⁶:
C 04 B 35/64
H 05 B 6/80

- | | |
|---|--------------|
| ⑪ Deutsches Aktenzeichen: | 692 04 722.0 |
| ⑫ Europäisches Aktenzeichen: | 92 400 624.0 |
| ⑬ Europäischer Anmeldetag: | 11. 3. 92 |
| ⑭ Erstveröffentlichung durch das EPA: | 21. 10. 92 |
| ⑮ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: | 13. 9. 95 |
| ⑯ Veröffentlichungstag im Patentblatt: | 7. 3. 96 |

⑳ Unionspriorität: ⑳ ㉑ ㉒
14.03.91 FR 9103065

㉓ Patentinhaber:
Société Nationale d'Etude et de Construction de
Moteurs d'Aviation (S.N.E.C.M.A.), Paris, FR

㉔ Vertreter:
Patentanwälte Mitscherlich & Partner, 80331
München

㉕ Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

㉖ Erfinder:
Benoit, Joel Michel Daniel, F-77240 Cesson la Foret,
FR; Bessenay, Gilles Jean Michel, F-75017 Paris, FR;
Girault, Daniel Georges, F-77000 Melun, FR

㉗ Vorrichtung und Verfahren zur thermischen Behandlung keramischer Verbundkörper mittels
Ultrahochfrequenz.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 04 722 T 2

DE 692 04 722 T 2

92400624.0-2111

S.N.E.C.M.A.

Vorrichtung zur thermischen Behandlung von Stücken
aus Verbundstoff mit Keramikmatrize

Diese Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung mit einem Ultrahochfrequenz- oder Mikrowellen-Heizmittel, das zur Herstellung von Stücken aus Verbundstoff mit Keramikmatrize bestimmt ist. Die Erfindung betrifft ebenfalls das entsprechende Ausführungsverfahren.

Unter Ultrahochfrequenzwellen oder Mikrowellen versteht man Herz'sche Wellen mit Frequenzen von weniger als 300 GHz, wobei eine üblicherweise benutzte Standardfrequenz 2,45 GHz beträgt.

Die Vorteile, die durch die Verwendung einer Mikrowellen-Heizvorrichtung in verschiedenen Anwendungen erzielt werden, sind bekannt:

- keine termische Trägheit, da das Freiwerden von Wärme auf die Zeit der Inbetriebnahme einer Strahlenquelle beschränkt ist,
- direkte Erwärmung innerhalb der Produkte, ohne die Umwelt zu betreffen (abgeschlossener Raum, gasförmige Atmosphäre um das Produkt herum, und kein Überhitzen der Oberflächen),
- Verbesserung der Homogenität der Erwärmung bei einem homogenen Produkt und Möglichkeit eines selektiven Erwärmens bei einem heterogenen Produkt.

Auf an sich bekannte Weise bestehen die Vorrichtungen zur Durchführung thermischer Behandlungen mit Mikrowelle als Erwärmungsmittel aus:

- einer Strahlenquelle oder einem Ultrafrequenzwellengenerator, der die elektrische Energie des Versorgungsnetzes in Mikrowellen umwandelt, wobei der Generator gewöhnlich ein Magnetrongenerator ist,

- einem Behandlungsbehälter,
- einem Adapter, der zwischen dem Generator und dem Behälter angeordnet ist und die Funktion eines Impedanzenumwandler erfüllt, um eine zufriedenstellende Leistung zu gewährleisten,
- Wellenleitern, die die einzelnen Teile miteinander verbinden.

Beispiele für derartige Vorrichtungen sind insbesondere aus FR-A-2 390 025, FR-A-2 423 875, FR-A-2 523 797 und FR-A-2 606 577 bekannt, in denen verschiedene Anwendungen von Ausführungsverfahren beschrieben werden.

Es wurde jedoch noch keine vollkommen zufriedenstellende Lösung zur Herstellung von Stücken aus Verbundstoff mit Keramikmatrize vorgeschlagen, bei denen insbesondere Arbeitszyklen mit hohen Temperaturen, insbesondere mit Temperaturen von mehr als 1000° C, verwendet werden. Derartige Erfordernisse ergeben sich insbesondere bei der Herstellung von Stücken für Luftfahrt-Triebwerke.

Eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung der oben genannten Art, die mit einem Mikrowellengenerator verbunden ist und diesen Erfordernissen genügt, ist dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Behälter eine einachsige Vorrichtung zum Warmpressen von Stücken, die in feste Matrizen eingesetzt werden, sowie einen Stutzen zum Einführen eines neutralen Gases wie z.B. Argon zum Schutz der Stücke in den Behälter enthält.

Vorteilhafterweise bildet der genannte Behälter einen Resonanzhohlraum gegenüber dem Mikrowellenfeld, der die Form eines Parallelepipeds mit den Dimensionen $a \times b \times L$ in einem Bezugssystem mit drei rechten Winkeln $0 \times y \quad z$ aufweist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen näher aus der folgende Beschreibung einer Ausführungsform der Erfin-

dung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen hervor, wobei

- Fig. 1 eine schematische Gesamtansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur thermischen Behandlung darstellt.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur thermischen Behandlung, die zur Herstellung von Stücken aus Verbundstoff mit Keramikmatrize und insbesondere mit Glasmatrize bestimmt ist, und die in Fig. 1 dargestellt ist, besteht insbesondere aus einem eigentlichen Behandlungsbehälter 1 mit der Form eines Parallelepipeds, einem Ultrahochfrequenzwellen- oder Mikrowellen-Generator 2 und einem Wellenleiter 3, der den Generator 2 mit dem Behälter 1 verbindet. Mit a , b und L werden die Innenmaße des Behandlungsbehälters 1 in einem Bezugssystem mit drei rechten Winkeln $Ox y z$ bezeichnet. Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird insbesondere ein Verteilungsmodus der Mikrowellenenergie von der Art TE_{01} angestrebt, bei dem das elektrische Feld E konstant und parallel zur Richtung Ox ist. Die Erfindung schließt jedoch nicht eine Art des Betriebes aus, bei dem der stabilisierte Modus von der Art TE_{01} ist, bei dem das elektrische Feld E konstant ist und parallel zur Richtung Oy liegt. Der genannte Behandlungsbehälter 1 weist erfindungsgemäß bemerkenswerte Einrichtungen auf und enthält insbesondere eine Halterung 4 für ein herzustellendes Stück 5. Die Halterung 4 besteht aus einem thermisch isolierenden Material mit geringer Dichte und geringen dielektrischen Verlusten. Eine zufriedenstellende Lösung wird durch die Verwendung eines faserigen Materials in einer Matrize auf Zirkon- oder Silicium-Basis erzielt. Die genannte Halterung 4 ist fest mit einer Vorrichtung 6 verbunden, die geeignet ist, die Halterung 4 entweder in einer Drehbewegung mittels einer Achse 6a oder in einer Vorschubbewegung innerhalb des Behandlungsbehälters zu bewegen, und zwar insbesondere in einer Richtung Oz , die senkrecht zu dem elektrischen Feld der Mikrowellen verläuft. Die Vorrichtung 6 weist auf diese Weise eine bewegliche Wiege 7 auf, deren Arretierung durch Schrauben 8 gewährleistet ist. Ferner wird an einem der Enden des Behandlungsbehälters, das dem Welleneintrittsende gegenüberliegt, die Wandung 9, die parallel zu dem elektri-

schen Feld liegt, durch eine bewegliche Wandung 10 verdoppelt, die einen Abstimmungskolben bildet und mittels einer Stange 11 verschiebbar ist. Mit dieser Vorrichtung kann der Behandlungsbehälter 1 in stabile Resonanzbedingungen gegenüber dem Wellenfeld versetzt werden. Nach der mittels des Kolbens 10 erzielten anfänglichen Abstimmung kann die Halterung 4, die das Stück 5 hält, in dem Behandlungsbehälter 1 mittels der beweglichen Wiege 7 in einer Vorschubbewegung verschoben werden, um der Verschiebung der stehenden Wellen in dem Maße, wie die Koppelung des Materials des Stückes 5 im Volumen fortschreitet, Rechnung zu tragen, um das Stück 5 unter optimalen Koppelungsbedingungen und insbesondere in den Bereichen des Behälters 1, in denen das elektrische Feld seine maximale Stärke hat, zu halten. Die genannte Wiege 7 besteht insbesondere aus elektrisch leitenden Platten, die in dem Behandlungsbehälter gleiten können, wobei sie die elektrische Kontinuität erhalten und Mikrowellenstrahlungsverluste vermeiden. An der genannten Halterung 4 ist das Stück 5 in festen Matrizen 4a angeordnet, die ebenfalls aus einem bezüglich des Mikrowellenfeldes nicht-koppelnden Material bestehen, insbesondere aus einem faserigen Material wie z.B. Zirkon oder Silizium.

An der Oberseite des Behälters 1 befindet sich ferner eine Preßvorrichtung 12, deren Matrize 13 geeignet ist, das von der Halterung 4 gehaltene Stück 5 im Inneren des Behälters 1 zu pressen. Das Material, aus dem die genannte Preßmatrize 13 besteht, muß mit dem Material der zu behandelnden Stücke 5 verträglich sein, d. h. jegliche wechselseitige Reaktion unter den Behandlungsbedingungen verhindern, und ferner muß jede Kopplung mit dem Mikrowellenfeld vermieden werden. Es wird insbesondere eine Preßmatrize 13 aus faserigem Material in einer Matrize aus Material mit geringen dielektrischen Verlusten, wie z.B. Zirkon oder Silizium, verwendet. Auf der Preßmatrize 13 ist eine Kontaktfläche 14 mit dem Stück 5 aus verdichtetem Material ausgeführt. Eine Wandung 15 des Behälters 1 enthält einen Stutzen 16, der an eine mit 17 schematisch dargestellte äußere Quelle zur Versorgung mit neutralem Gas wie z.B. Argon angeschlossen werden kann, um bei Behandlungen von Stücken 5, die oxidationsanfällige Keramikfasern enthalten, eine schützende neutrale Atmosphäre

in der Nähe des Stückes 5 zu erhalten. An die Halterung 4 des Stückes 5 werden ferner thermische Schirme 18 angefügt, die das genannte Stück umgeben, wobei die Preßmatrize 13 sich ihrerseits im Inneren des von den genannten Schirmen 18 umgrenzten Bereich befindet, wobei diese einen Durchlaß 18a für die Vorrichtung 12 aufweisen. Bei der Behandlung des Stückes 5 durch Durchführen der Erwärmung mittels Mikrowellen würde tatsächlich ohne diese Schirme 18 eine Austauschwärmestrahlung zwischen der Außenfläche des Stückes 5 und den kalten Wandungen des Behälters 1 einen Temperaturgradienten zwischen dem Kern des Stückes 5 und seiner Außenfläche bewirken, der der Qualität der Ergebnisse abträglich wäre. Das für diese Schirme 18 verwendete Material muß daher wärmestrahlungsreflektierende Eigenschaften besitzen und darf keine Kopplung mit dem Mikrowellenfeld zulassen. Ein Beispiel für ein Material, das diese Bedingungen erfüllt, besteht in einem faserigen Material mit geringer Dichte in einer Matrize aus Materialien mit geringen dielektrischen Verlusten, wie z. B. Zirkon oder Silizium.

Je nach Art des herzustellenden Stückes 5 kann die Halterung 4 rechtwinkelig oder rund geformt sein. In allen Fällen haben die Preßmatrize 13 und die Schirme 18 die entsprechende passende Form.

Die Oberseite des Behälters 1 kann insbesondere von einer beweglichen Wand gebildet werden, die aus einem um ein Scharnier 19a schwenkbaren Deckel besteht, so daß der Zugang zu dem genannten Behälter 1 hergestellt wird und dabei eine vollkommene elektrische Kontinuität aufrechterhalten bleibt.

Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur thermischen Behandlung für die Herstellung von Stücken 5 aus keramischem Verbundstoff mit Keramikmatrize müssen hohe Temperaturen, insbesondere mehr als 1000 °C erreicht werden. Bei diesen Anwendungsbedingungen besteht die Gefahr von lokal begrenzter Erwärmung, die Ausdehnungen verursacht, die der Haltbarkeit des Behälters 1 bei Betrieb abträglich ist. Um dieses Risiko zu beseitigen, erhält der genannte Deckel 19 ein Kühlsystem. Dieses System besteht insbesondere aus einem Rohr 20, das auf den Deckel 19 geschweißt ist und in

dem ein Kühlwasserkreislauf geschaffen wird. Bei einem Metalldeckel 19 aus rostfreiem Stahl kann beispielsweise ein Rohr aus Kupferlegierung verwendet werden.

Die Überwachung und Verfolgung der in dem Behälter 1 durchgeführten Behandlungen impliziert auch eine Kontrolle der Temperaturen, die das Material der zu behandelnden Stücke 5 erreicht. Dazu können einerseits ein an sich bekanntes Mittel von der Art eines optischen Pyrometers mit zwei Farben, wie es mit 21 schematisch dargestellt ist, zur Durchführung einer Messung der Oberflächentemperatur des Stückes 5 und andererseits ein Thermoelement mit Lichtleitfasern, insbesondere auf Siliziumbasis, das mit 22 schematisch dargestellt ist und mit dem die Temperaturmessung im Kern des Stückes 5 durchgeführt werden kann, verwendet werden.

Die unter Bezugnahme auf Fig. 1 soeben beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung zur thermischen Behandlung kann insbesondere dazu verwendet werden, durch Mikrowellen eine homogene Erwärmung eines Produkts aus keramischem Verbundstoff mit Keramikmatrize zu erzeugen, das flächig oder als großflächige Folie in dem Behälter 1 angeordnet ist, welcher einen groß bemessenen Resonanzhohlraum bildet, so daß ein einachsiges Pressen von Stücken aus Keramikmaterial mit Keramikmatrize, insbesondere von der Art einer Glasmatrize oder Glas-Keramik-Matrize, das mit langen oder kurzen Fasern verstärkt ist, unter gleichzeitigem Erwärmen in einem Mikrowellenfeld erreicht wird.

Die genannten Dimensionen a und b des Behälters 1 können insbesondere in einem solchen Verhältnis zueinander stehen, daß a/b größer ist als vier. Der Wert der Dimension b des Behälters 1 kann so beschaffen sein, daß die Bäuche der schwingenden Welle auf bestimmte Weise parallel zur Richtung Oz in Längsrichtung des genannten Behälters 1 verteilt sind. Die genannte Dimension b kann insbesondere im Bereich des Wertes $c/2f$ gewählt werden, wobei c die Geschwindigkeit des Lichts im Vakuum ist und f die Frequenz der verwendeten Ultrahochfrequenzwelle ist. Es kann beispielsweise eine Standardfrequenz von 2,45 GHz verwendet werden.

Ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Stücken 5 aus Verbundmaterial mit Keramikmatrize unter Verwendung der genannten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur thermischen Behandlung besteht insbesondere aus den folgenden Schritten:

- a) Anbringung des Stückes an einer Halterung im Inneren des Behandlungsbehälters, sodann Anbringung der thermischen Schutzschirme und Verschließen des Behälters;
- b) Einführen des Schutzgases;
- c) Erwärmen des Stückes durch Mikrowellen bis auf eine Temperatur von mehr als 1000 °C, die in Abhängigkeit von dem Material bestimmt ist, aus dem das Stück besteht;
- d) Gleichzeitiges Pressen des Stückes mit der einachsigen, in dem genannten Behälter eingebauten Preßvorrichtung;
- e) Beenden des Erwärmungsvorgangs;
- f) Lösen und Herausnehmen des Stückes.

92400624.0-2111

S.N.E.C.M.A.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur thermischen Behandlung von Stücken aus Verbundstoff mit Keramikmatrize, bestehend aus einem Behandlungsbehälter (1), der mit einem Ultrahochfrequenz- oder Mikrowellengenerator (2) und einem Wellenleiter (3) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß der genannte Behandlungsbehälter (1) eine Vorrichtung (12) zum einachsigen Warmpressen von Stücken, die in festen Matrizen (4a) angeordnet sind, und einen Stutzen (16) zum Einführen eines neutralen Gases, wie z.B. Argon, zum Schutz der Stücke in den Behälter aufweist.

2. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach Anspruch 1, wobei der genannte Behandlungsbehälter (1) eine Wandung (10) aufweist, die einen Abstimmungskolben bildet, so daß ein Resonanzhohlraum gegenüber dem Mikrowellenfeld entsteht.

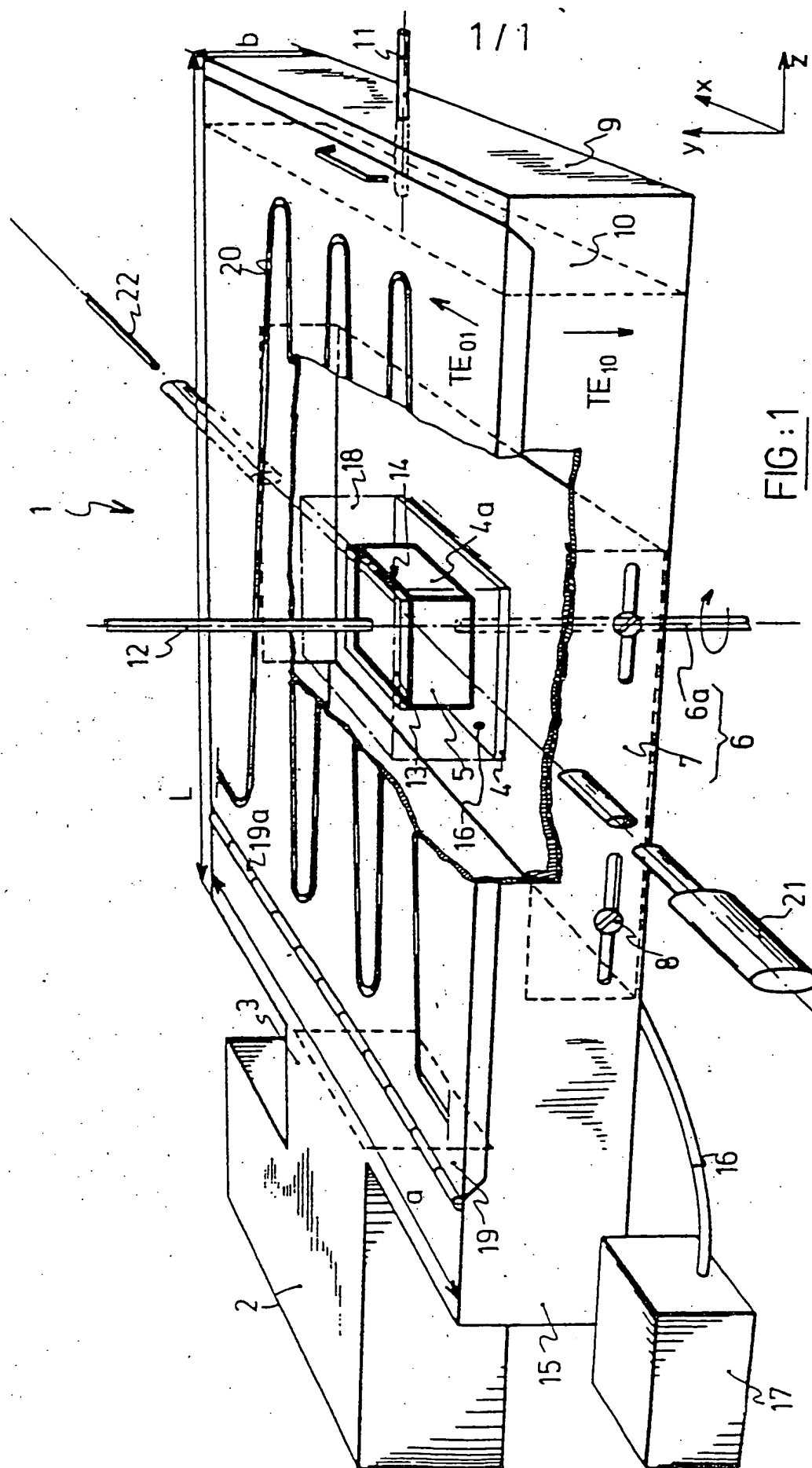
3. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der genannte Behandlungsbehälter (1) eine Halterung (4) für Stücke (5) aufweist, die mit den genannten Matrizen (4a) verbunden ist, aus thermisch isolierendem Material besteht und mit einer Drehantriebsvorrichtung (6a) und einer Vorrichtung (7), die senkrecht zu dem von den Mikrowellen erzeugten elektrischen Feld verschiebbar ist, verbunden ist.

4. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach Anspruch 3, wobei die genannten Matrizen und die genannte Halterung (4) für Stücke aus einem faserigen Material mit geringer Dichte und geringen dielektrischen Verlusten wie Zirkon oder Silizium bestehen.

5. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zu behandelnden Stücke (5) von thermischen Schirmen (18) umgeben sind.

6. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach Anspruch 5, wobei die genannten thermischen Schirme (18) aus einem faserigen Material mit geringer Dichte und geringen dielektrischen Verlusten wie Zirkon oder Silizium bestehen.
7. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Teil der Preßvorrichtung (12), der im Inneren des Behälters angeordnet ist und eine Preßmatrize (13) bildet, aus einem faserigen Material mit geringer Dichte und geringen dielektrischen Verlusten wie Zirkon oder Silizium besteht, das einen verdichteten Bereich (14) aufweist, der der Kontaktfläche mit den zu behandelnden Stücken entspricht.
8. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine Kühlvorrichtung (20) mindestens auf der oberen Wandung (19) des genannten Behandlungsbehälters angeordnet ist.
9. Vorrichtung zur thermischen Behandlung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei im Verlaufe der Behandlung die an die Stücke angelegte elektrische Leistung der Mikrowellen in Abhängigkeit von zwei Temperaturangaben moduliert wird, die zum einen an der Oberfläche des Stückes durch mindestens einen Lichtleitfaser-Pyrometer (21) und zum anderen im Kern des Materials der Stücke durch mindestens ein Thermoelement (22) mit Lichtleitfaser auf Siliziumbasis abgenommen werden.
10. Verfahren zur thermischen Behandlung von Stücken aus Verbundmaterial mit Keramikmatrize unter Verwendung der Vorrichtung zur thermischen Behandlung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bestehend aus den folgenden Schritten:
- a) Anbringung des Stückes in festen Matrizen, die an einer Halterung im Inneren des Behandlungsbehälters angeordnet sind, sodann Anbringung der thermischen Schutzschirme und Verschließen des Behälters;
 - b) Einführen des Schutzgases;

- c) Erwärmen des Stückes durch Mikrowellen bis auf eine Temperatur von mehr als 1000 °C, die in Abhängigkeit von dem Material bestimmt ist, aus dem das Stück besteht;
- d) Gleichzeitiges Pressen des Stückes mit der in dem genannten Behälter eingebauten einachsigen Preßvorrichtung;
- e) Beenden des Erwärmungsvorgangs;
- f) Lösen und Herausnehmen des Stückes.



BEST AVAILABLE COPY